

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій
Кафедра хімії і хімічної технології

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ А. Кустовська
« ____ » _____ 2021р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «БАКАЛАВР»

за спеціальністю: 161 «Хімічні технології та інженерія»
освітньо-професійної програми «Хімічні технології альтернативних
енергоресурсів»

**Тема: «Діелектричні властивості вуглеводневих розчинів
багат шарових фулеренів»**

Виконавець: студент(ка) 407 групи Білоус Анастасія Олександрівна

Керівник: завідувач кафедри Кустовська А. Д. _____

Нормоконтролер: доцент, к.х.н. Максимюк М.Р. _____ Київ 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій
Кафедра хімії і хімічної технології
Спеціальність: 161 «Хімічні технології та інженерія»
ОПП «Хімічні технології альтернативних енергоресурсів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ А. Кустовська

« _____ » _____ 2021р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Білоус Анастасії Олександрівни

1. Тема роботи: «Діелектричні властивості вуглеводневих розчинів багатопшарових фулеренів», затверджена наказом ректора від 01.04.2021р. №530/ст.
2. Термін виконання роботи: 24 травня 2021 р. по 20 червня 2021 р.
3. Вихідні дані до роботи: літературні та власні дані, які були отримані під час проведення дослідження.
4. Зміст пояснювальної записки: Вступ. Вуглецеві наноматеріали і їх вплив на фізико-хімічні властивості вуглеводневих систем. Об'єкти та методи дослідження. Дослідження діелектричних властивостей моторних палив через їх зв'язок з показником заломлення. Висновки. Список бібліографічних посилань використаних джерел.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстраційного) матеріалу: 25 рисунків, 10 таблиць, 7 формул.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1.	Одержання теми. Пошук та аналіз літератури за темою дипломної роботи.	24. 05. 2021 р.	
2.	Опрацювання літературних джерел з даної теми	25. 05. 2021 р.	
3.	Опрацювання методів та методик, що використовуються в даній роботі (розрахунок діелектричної проникності)	27. 05. 2021 р.	
4.	Проведення експериментальних досліджень (вимірювання показника заломлення, та перерахунок його в діелектричну проникність)	28.05. 2021 р. – 01. 06. 2021 р.	
5.	Обробка експериментальних даних	02. 06. 2021 р.	
6.	Узагальнення матеріалу, оформлення дипломної роботи, підготовка доповіді та презентації.	03. 06. 2021 р. – 08. 06. 2021 р.	
7.	Захист дипломної роботи	17. 06. 2021 р.	

Дата видачі завдання: 24. 05. 2021 р.

Керівник дипломної роботи _____ зав. кафедри Кустовська А.Д.

Завдання прийняв до виконання _____ Білоус А.О

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: « Діелектричні властивості вуглеводневих розчинів багат шарових фулеренів » містить 51 с., 25 рис., 10 табл., 7 формул, 31 літературних джерел.

Мета роботи. Визначення впливу багат шарових фулеренів на діелектричні властивості моторних палив.

Об'єкт дослідження. Дія багат шарових фулеренів на діелектричні властивості палив.

Предмет дослідження. Розчини багат шарових фулеренів у вуглеводнях, що є компонентами моторних палив.

Методи дослідження. Визначення діелектричних властивостей палив через їх зв'язок з показником заломлення.

В роботі розглянуті наступні питання: вплив багат шарових фулеренів на фізико-хімічні властивості палив, аномальні властивості вуглецевий наноматеріалів. Результати дипломної роботи рекомендується використовувати в технологічних процесах або під час навчального процесу.

БАГАТОШАРОВІ ФУЛЕРЕНИ, ДІЕЛЕКТРИЧНА ПРОНИКНІСТЬ, АНОМАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ НАНОМАТЕРІАЛІВ, ЗАЛОМЛЕННЯ СВІТЛА.

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. ВУГЛЕЦЕВІ НАНОМАТЕРІАЛИ І ЇХ ВПЛИВ НА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВУГЛЕВОДНЕВИХ СИСТЕМ.....	9
1.1 Сфероїдальні полішаруваті карбонові багатошарові фулерени як новий клас матеріалів.....	9
1.2. Методи дослідження багатошарових фулеренів.....	13
1.3. Хімічна функціоналізація багатошарових фулеренів	14
1.4. Структурні дослідження синтезованих багатошарових фулеренів.	16
1.6. Зміна структури багатошарових фулеренів після їх допущання.....	20
1.7. Вплив вуглецевих наноматеріалів на фізико-хімічні властивості вуглеводневих систем.....	25
1.8. Висновки до розділу	30
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	31
2.1. Об'єкти дослідження	31
2.1.1. Багатошарові фулерени	31
2.1.2. Компоненти моторних палив	31
2.2. Методи дослідження	32
2.2.1. Приготування розчинів.....	32
2.2.2. Визначення діелектричної проникності компонентів моторних палив	34
2.3. Висновки до розділу	37
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОНЕНТІВ ПАЛИВ ЧЕРЕЗ ЇХ ЗВ'ЯЗОК З ПОКАЗНИКОМ ЗАЛОМЛЕННЯ	39
3.2. Висновки до розділу	46
ВИСНОВКИ.....	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ.....	48

ВСТУП

На даний момент синтез різних форм карбонових наноматеріалів (фулерени, нановолокна, нанотрубки, наноалмази тощо) та дослідження можливостей застосування композитних матеріалів на їх основі у різних галузях науки і техніці (електроніці, лазерній техніці та ін.) є актуальним напрямком роботи багатьох наукових колективів світу [1–5].

Технологічні процеси отримання будь-яких ультрадисперсних матеріалів пов'язані з досить великими матеріальними витратами. Повною мірою це стосується наноматеріалів фулероїдного типу (односферичних фулеренів та полішаруватих сфероїдальних карбонових кластерів).

Тому винятковий інтерес мають ті напрямки використання фулероїдів, в яких для досягнення значимих результатів (макроефектів) достатньо мінімальних доз цих наноматеріалів.

Саме до таких напрямків належить застосування карбонових наноматеріалів у енергетиці, зокрема, як компонентів автомобільних та авіаційних палив. Однак, систематичних робіт по цілеспрямованому синтезу наноматеріалів з цією метою, по виявленню впливу їх на хімотологічні властивості моторних палив та накопиченню навичок позитивного практичного використання при експлуатації в автотранспорті та авіації до цього часу не проводилось.

В Україні за рік споживається більше 10 млн. тонн різних моторних палив, 80 % з них імпортуються, що коштує понад 10 млрд. доларів США.

Потреба в моторних паливах залежить від їх якості, від стабільності хімотологічних характеристик впродовж всього терміну експлуатації.

Одним з найбільш раціональних шляхів зменшення споживання автомобільних та авіаційних моторних палив є суттєве поліпшення експлуатаційних властивостей палив за рахунок розробки нових ефективних присадок на основі наноматеріалів.

Нами було встановлено, що сфероїдальні фулероїдні нанокластери карбону в складі рідких паливних матеріалів ефективні при концентраціях в 10–100 разів менше ніж традиційні присадки. Крім того, вони позитивно впливають на різні хімотологічні властивості паливо-мастильних нафтопродуктів, тобто мають багатофункціональну дію. Дуже важливо також, що такі компоненти, на відміну від традиційних присадок, не збільшують вміст токсичних речовин у викидах двигунів при згорянні палив.

Актуальність теми. Надійна робота машин та механізмів залежить від функціонування пар тертя. Їх працездатність, у багатьох випадках залежить від функціональних можливостей мастильних матеріалів. В процесі роботи елементи машин і механізмів з часом втрачають свої експлуатаційні властивості і приходять в непридатний для подальшого використання стан. Найважливішими факторами, які визначають експлуатаційну надійність та строк експлуатації деталей є властивості паливно-мастильних матеріалів. Відновлення зношених поверхонь та повернення їм необхідних експлуатаційних властивостей, а також продовження служби мастильних середовищ, є важливою задачею сучасного ремонтного виробництва.

Мета роботи. Визначення впливу багатопарових фулеренів на діелектричні властивості моторних палив.

Об'єкт дослідження. Дія багатопарових фулеренів на діелектричні властивості палив.

Предмет дослідження. Розчини багатопарових фулеренів у вуглеводнях, що є компонентами моторних палив.

Методи дослідження. Визначення діелектричних властивостей палив через їх зв'язок з показником заломлення.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі отриманих результатів в процесі дослідження було доведено, що додавання в

компоненти палива багатошарових фулеренів впливає на їх діелектричні властивості.

Практичне значення одержаних результатів. Одержані результати можуть бути використані при роботі з покращення якості палив.

Особистий внесок студента у роботу. Студент підібрав та проаналізував наукову літературу з даної теми. Спільно з керівником роботи опрацював методи дослідження і самостійно провів експериментальні дослідження з визначення діелектричних властивостей компонентів моторних палив, що містять ефективну присадку.

Студент самостійно побудував графічні залежності та оформив дипломну роботу.

Обговорення та інтерпретація одержаних результатів проводилася студентом спільно з науковим керівником.

РОЗДІЛ 1. ВУГЛЕЦЕВІ НАНОМАТЕРІАЛИ І ЇХ ВПЛИВ НА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВУГЛЕВОДНЕВИХ СИСТЕМ

1.1 Сфероїдальні полішаруваті карбонові багатошарові фулери як новий клас матеріалів.

Наприкінці XX та на початку XXI сторіч завдяки багатьом експериментальним та теоретичним даним було встановлено, що вуглецеві кластери нанометрового розміру графеноподібної будови мають відмінні властивості від масивних зразків вуглецю з різною алотропією. Безліч досліджень в галузі синтезу нових вуглецевих матеріалів, вивчення їх властивостей та можливості практичного застосування привело до відкриття в 1985 році фулеренів.

Особливе місце серед вуглецевих матеріалів займають багатосферичні структури, які сягають в діаметрі від декількох нанометрів до мікрометрів.

Вперше отримані та описані наноб'єкти були Д. Угартом. в 1992 році [8].

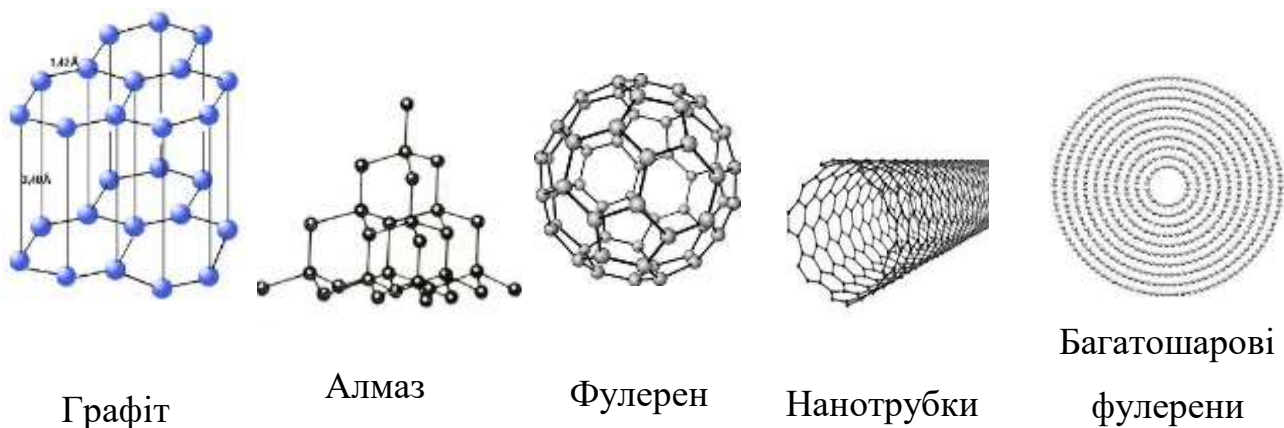


Рис. 1.1 – Алотропні модифікації вуглецю

Багатошарові фулери — нанорозмірна вуглецева структура, що складається з багатьох вкладених одна в одну вуглецевих сфер.

Класифікуючи сферичні вуглецеві структури використовують чотири різні способи.

1) Така сфера може розглядатись як об'єкт у вигляді (рис. 1.2):

- твердої суцільної частинки;
- ядра-оболонки;
- пустотілої замкненої поверхні.

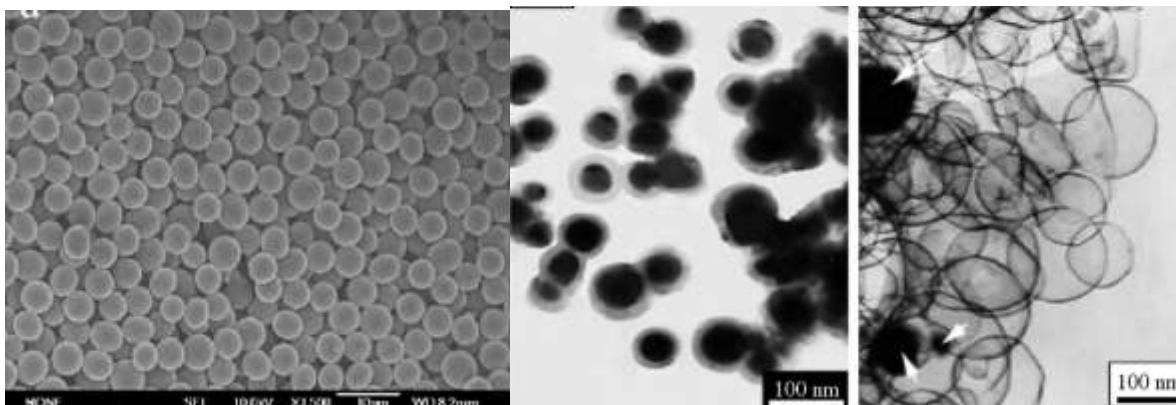


Рис. 1.2 – Моделі сферичних карбонових наноструктур

2) Класифікувати такі структури можна у відповідності з їх текстурою, виходячи з того, що сфери складаються з частинок, які згруповані у концентричні, радіальні слої або випадкової орієнтації (рис. 1.3).

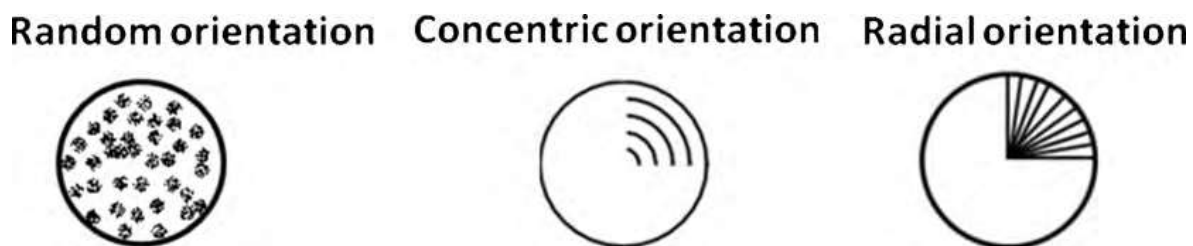


Рис. 2.3 – Можливі згруповані орієнтації частинок в наносферах вуглецю

3) Сферичні структури вуглецю можна класифікувати за розміром (за діаметром). Виділяють три категорії об'єктів:

- добре графітовані сфери (2–20 нм);
- слабо графітовані сфери (50–1000 нм);
- вуглецеві бусини (> 1000 нм).

4) Метод синтезу вуглецевих сфероїдальних структур також є одним з методів їх класифікації. Вважається, що метод який використано при отриманні багатошарових фулеренів (хімічне висадження з парової фази, електродуговий розряд, лазерна абляція, автоклавні процеси тощо) призводить до створення відмінних між собою матеріалів.

Ідеальні карбонові багатошарові фулерени складаються з n -кількості концентричних графітових сферичних оболонок, відстань між сусідніми оболонками приблизно 0,34 нм навколо внутрішнього ядра фулерену C_{60} . [9].

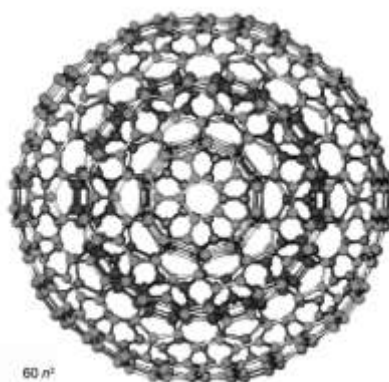


Рис. 1.4 – Структурна модель ідеальної молекули багатошарового фулерену.

Однак, реальна будова багатошарових фулеренів відрізняється від ідеальної моделі. (рис. 1.4) вона суттєво залежить від методу її синтезу.

Площа поверхні багатошарових фулеренів варіюється у широких межах: від дуже низьких (< 2 м²/г) до дуже високих значень (> 1200 м²/г). Показник площі поверхні залежить від методу синтезу карбонових сфер.

В процесі одержання багатошарових фулеренів створюються не лише окремі частинки, а й агломерати, вони включають деяку групу наночастинок (рис. 1.5).

Методи синтезу багатошарових фулеренів поділяють на дві групи [10]. Для першої групи характерною є висока температура розкладання вуглецевмісних матеріалів в інертній атмосфері. Для другої групи характерна низька температура синтезу карбонових глобул.

До цього часу механізм утворення вуглецевих наносфер ще мало вивчений і досить складний.

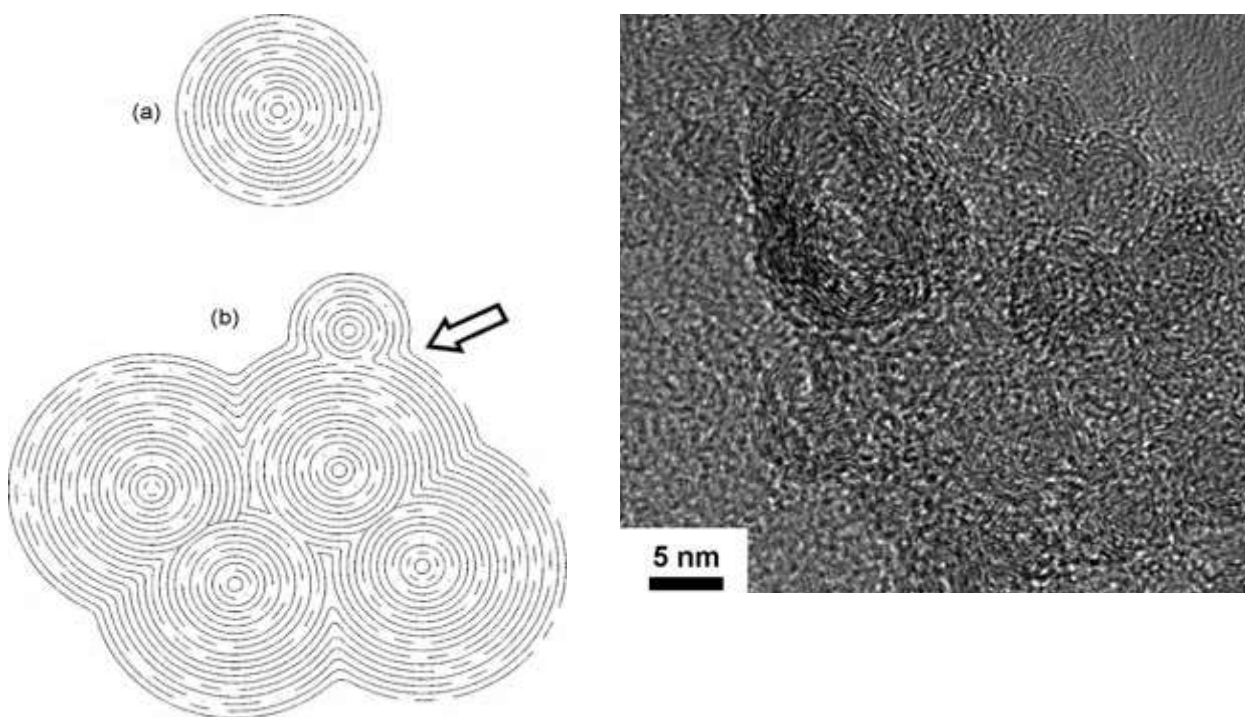


Рис. 1.5 – Агломерація карбонових сферичних глобул

На механізм утворення багатошарових фулеренів впливають: проведення реакції, джерела вуглецю, наявність каталізатора.

Таблиця 1.1

Розподіл частинок карбонових наносфер за розмірами в залежності від методу синтезу [9, 10]

Метод синтезу	Розміри частинок
Електродуговий синтез	20–100 нм
Лазерна абляція	5–100 нм
Хімічне висадження з газової фази	40 нм–5 мкм
Гідротермальний синтез	1–2 мкм
Піроліз	50–1000 нм
Компресійний синтез	300 нм

1.2. Методи дослідження багатошарових фулеренів

Для вивчення дуже складної будови багатошарових фулеренів застосовують багато сучасних фізико-хімічних інструментальних методів дослідження.

Для оцінки розмірів частинок застосовують мікроскопія різного роду. Використовують трансмісійну електронну мікроскопію (ТЕМ), скануючу електронну мікроскопію (СЕМ), атомно-силову мікроскопію (АСМ).

Також застосовують мас-спектрометрію, мало- та ширококутове розсіювання світла. Для встановлення будови вуглецевих структур застосовують рентгеноструктурний аналіз та спектроскопію комбінаційного розсіювання світла.

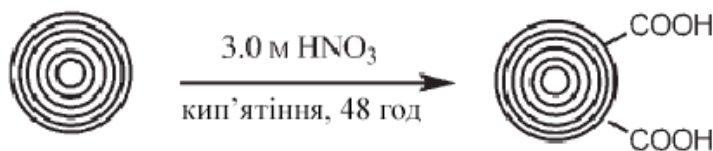
При дослідженні хімічних перетворень карбонових нанокластерів використовуються методи ІЧ-, ЯМР- та ЕПР-спектроскопії, термогравіметричний аналіз.

1.3. Хімічна функціоналізація багат шарових фулеренів

Наявність кривизни sp^2 -структури визначає хімічні властивості багат шарових фулеренів (досить чітко це можна спостерігати на прикладі нанотрубок), а також sp^3 -“дефектами” в їх структурі.

Коли вуглецевий сферичний наноматеріал тільки тільки почали досліджувати увагу було звернено на прості реакції - перетворення вуглецевого матеріалу кислотною або лужною обробкою, окисненням [9–11]. Їх активність в хімічних реакціях залежить від розмірів сферичних частинок, співвідношення sp^2/sp^3 атомів вуглецю на доступній для реагентів поверхні. Далі наведені приклади успішних реакцій, проведених зі зразками багат шарових фулеренів.

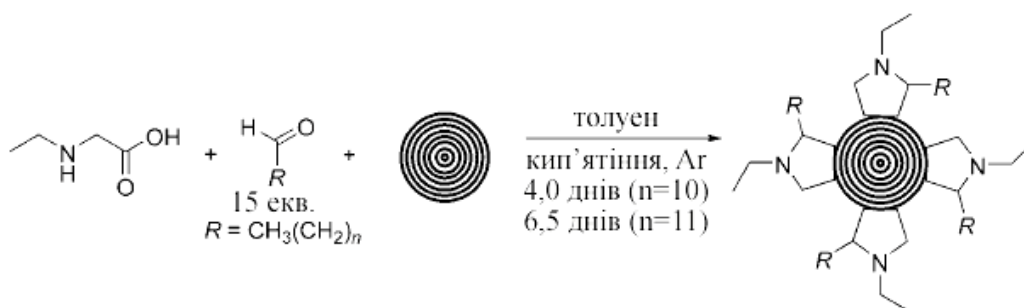
Окиснення.



Окисники, що можуть бути використані для реакції: концентрована соляна кислота або суміш соляної та сірчаної кислот, пероксид водню, перманганат калію, озон чи кисень повітря. Зазвичай процес проводиться при підвищених температурах (80–150 °C, може сягати 400 °C при окисненні молекулярним киснем). Результатом реакції є отримання на поверхні функціональних групи, що містять в основному кисень ($-COOH$, $C=O$, $-OH$, $-C-O-C-$). Склад поверхневих груп залежить від окисника. Окиснення використовується для одержання карбоксильованого матеріалу, який в свою чергу можна в подальшому ввести в реакцію амідування.

Амідування.

Успішне приєднання октадециламіну протікає при температурах 120–170 °C з використанням мікрохвильового випромінювання.



1.4. Структурні дослідження синтезованих багат шарових фулеренів.

Для синтезу вуглецевих матеріалів, що вміщували карбонові багат шарові нанокластери і використовувались для подальшої модифікації, використовували два методи: електродугового розряду в рідкому середовищі (циклогексані), і в газовій суміші (пропан-бутан). Завдяки цьому методу було отримано дослідні кількості (декілька грамів) нових карбонових наноматеріалів.

За допомогою методу теплової десорбції газа-адсорбата (азоту) була визначена величина питомої поверхні зразків, які були одержані у вигляді порошків чорного кольору дорівнювала вона $187 \text{ м}^2/\text{г}$.

Характеристику та дослідження багат шарових фулеренів отримали за допомогою ІЧ-спектроскопії (Vertex 70 фірми "Bruker", рис. 1.6).

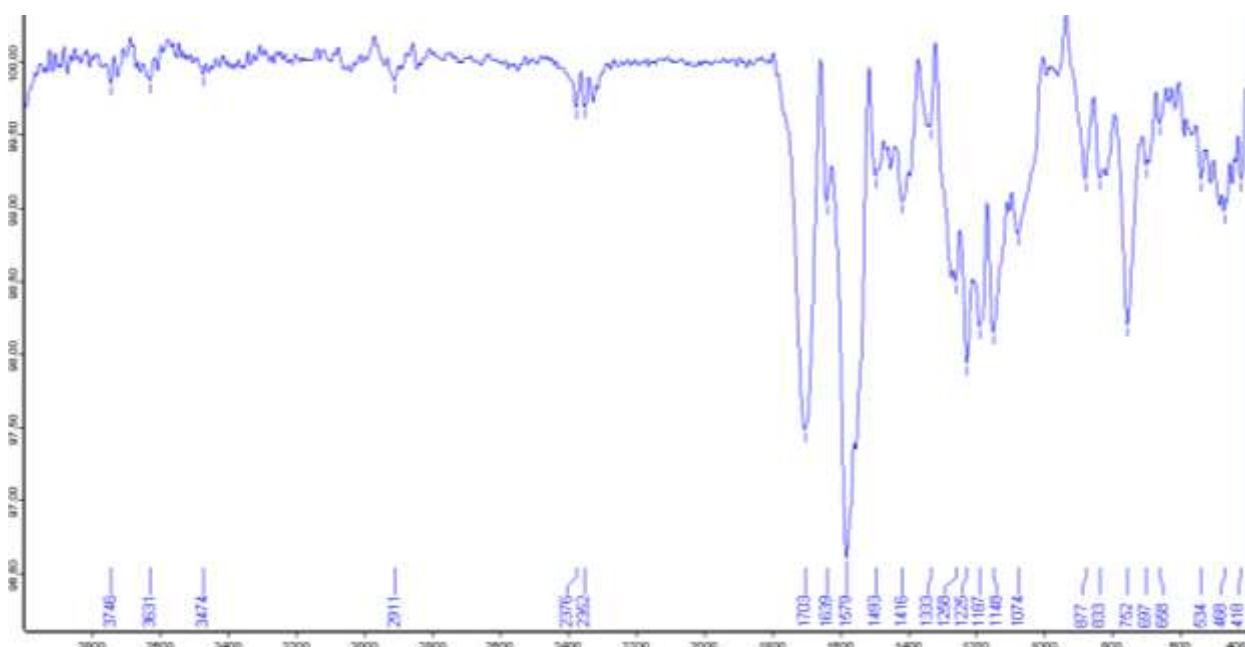


Рис. 1.6 – ІЧ-спектр зразка багат шарових фулеренів (нанокластери синтезовані електродугувим методом з рідкої фази циклогексану)

Ступінь впорядкованості та однорідності отриманих вуглецевих матеріалів було виявлено за допомогою лазерної спектроскопії комбінаційного розсіювання (КР).

Одним з методів коливальної спектроскопії, що не потребує руйнування зразків є раманівська спектроскопія (або спектроскопія комбінаційного розсіювання). Вона широко застосовується в дослідженнях алотропних модифікацій вуглецю. Відмінністю раманівських спектрів вуглецевих матеріалів є наявність в них G-лінії в діапазоні $1500\text{--}1600\text{ cm}^{-1}$ [12]. Важається, що G (graphite)-лінії у спектрі пов'язані з коливаннями атомів вуглецю в площині графенових шарів (тангенціальні коливання).

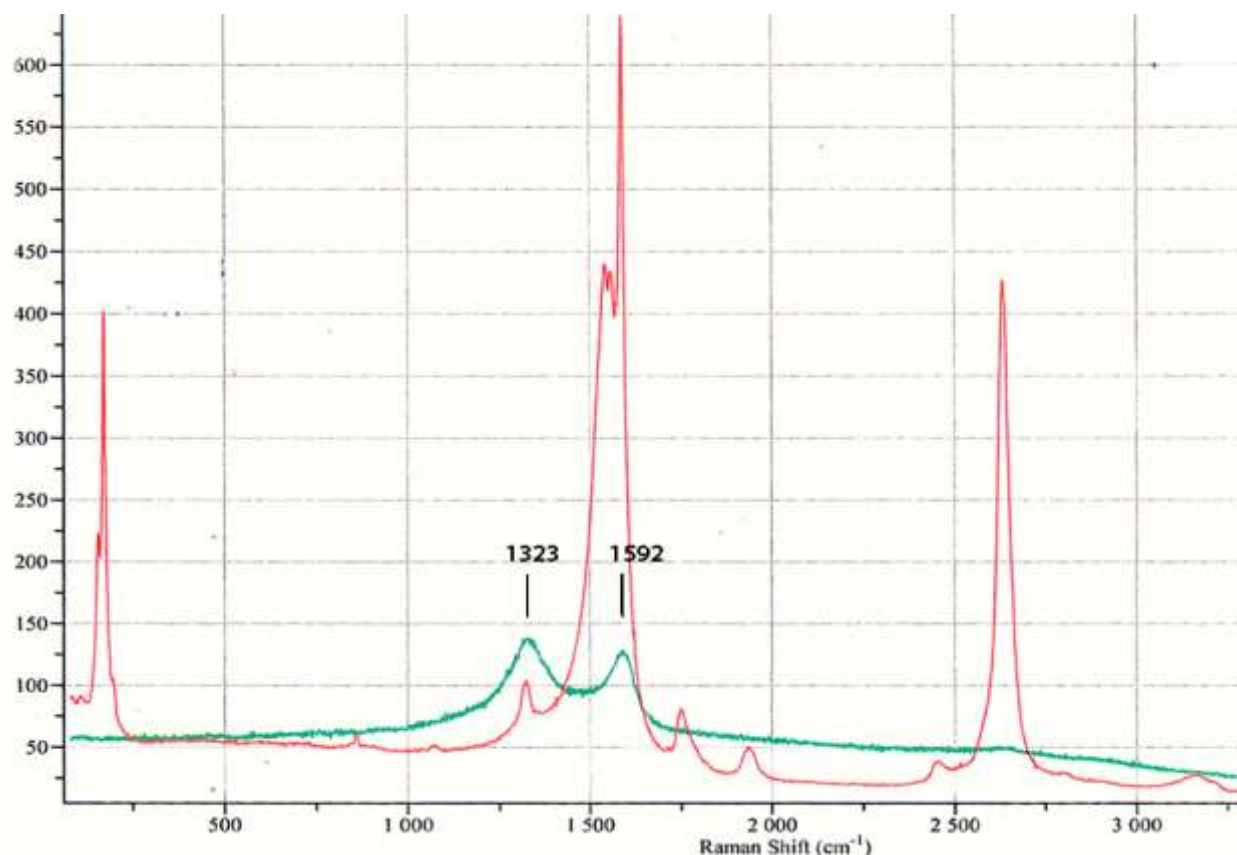


Рис. 1.7 – Порівняльні спектри комбінаційного розсіювання сфероїдальних нанокластерів синтезованих з циклогексану (*нижня крива*) і одностінних нанотрубок (*верхня крива*)

Провівши дослідження на дифрактометрі Bruker D8 Advance с дзеркалом Гьобеля були зроблені дифрактограми синтезованих зразків карбонових наноматеріалів

Таблиця 1.2

Результати дифрактометричного дослідження зразка багат шарових фулеренів

Положення піку (2θ), °	Міжплощинна віддаль (d), Å	Інтегральна інтенсивність
16,66875	5,3142	658,8617
21,46662	4,1361	19,87397
24,9021	3,5727	802,3858
43,60616	2,0739	1941,238
44,31593	2,0424	41,82491

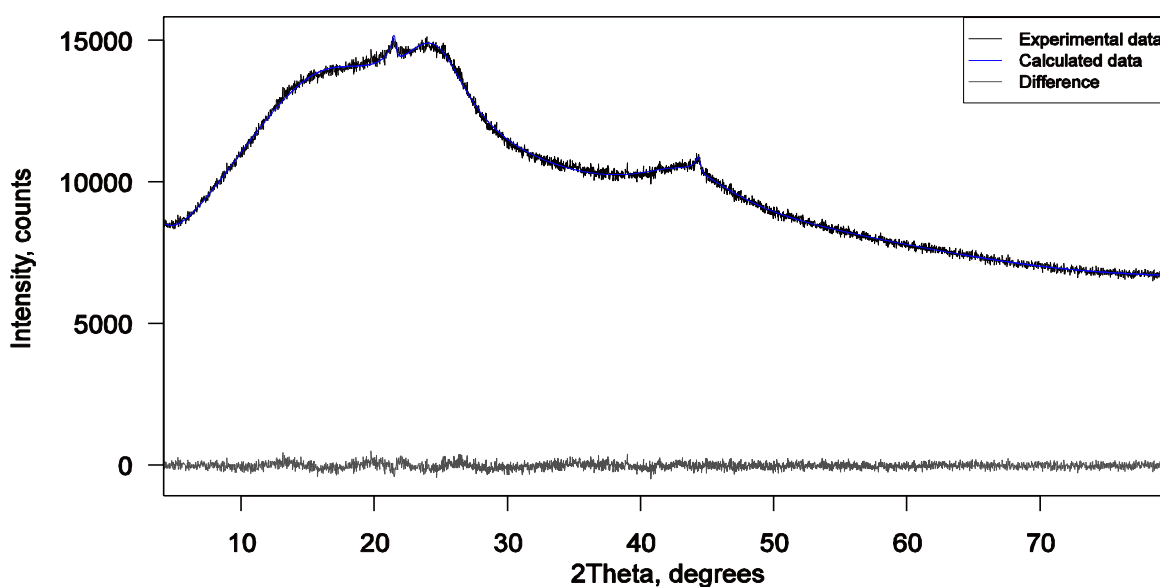


Рис. 1.8 – Дифрактограма рентгенівського малокутового розсіювання зразку багатошарових сфероїдальних карбонових нанокластерів (*синтезовано з циклогексану*)

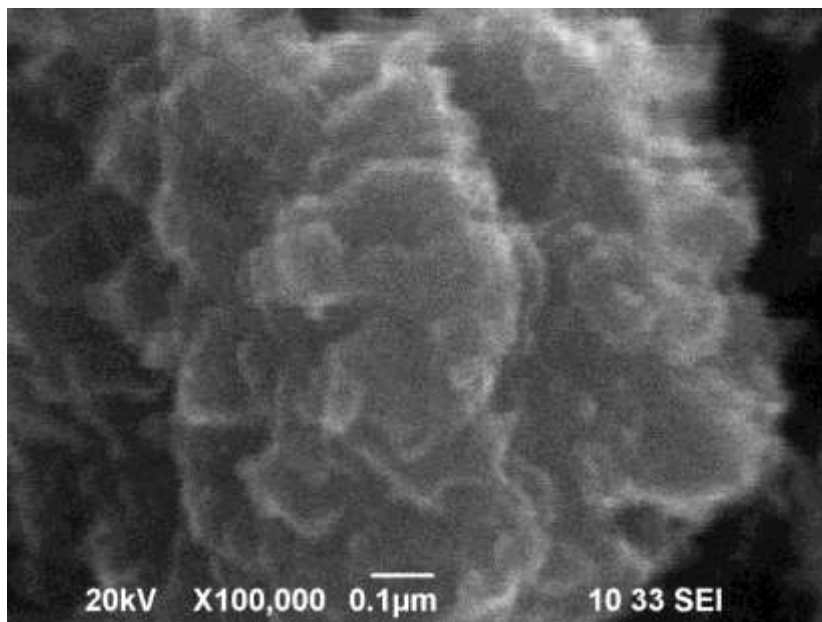


Рис. 1.9 – Скануючий електронно-мікроскопічний знімок масивного зразка багатошарових фулеренів (*синтезовано з циклогексану*)

Методом скануючої електронної мікроскопії можна одержати зображення та зробити оцінку зовнішніх характеристик ультрадисперсних вуглецевих матеріалів: морфологію, розміри, наявність різних включень.

Згідно рис. 1.9, отриманий продукт складається з суміші досить великих за розмірами (до 100–1000 нм) скупчень частинок.

Щоб виявити більш детальні подробиці щодо будови цього матеріалу необхідно застосовувати спеціальні методики препарування об'єктів. Для цього матеріал попередньо розділяють на окремі частинки екстракцією в різних розчинниках, фракціонуванням за розмірами, центригуванням або хроматографією.

1.6. Зміна структури багатошарових фулеренів після їх допування

Окиснивши зразок багатошарових фулеренів азотною кислотою (6,6 М) впродовж 5 годин при температурі кипіння розчину, центрифугувавши осад та висушивши при температурі 120 °С отримали продукти, який було досліджено за допомогою елементарного аналізу та методом спектроскопії (рис. 1.10–1.11).

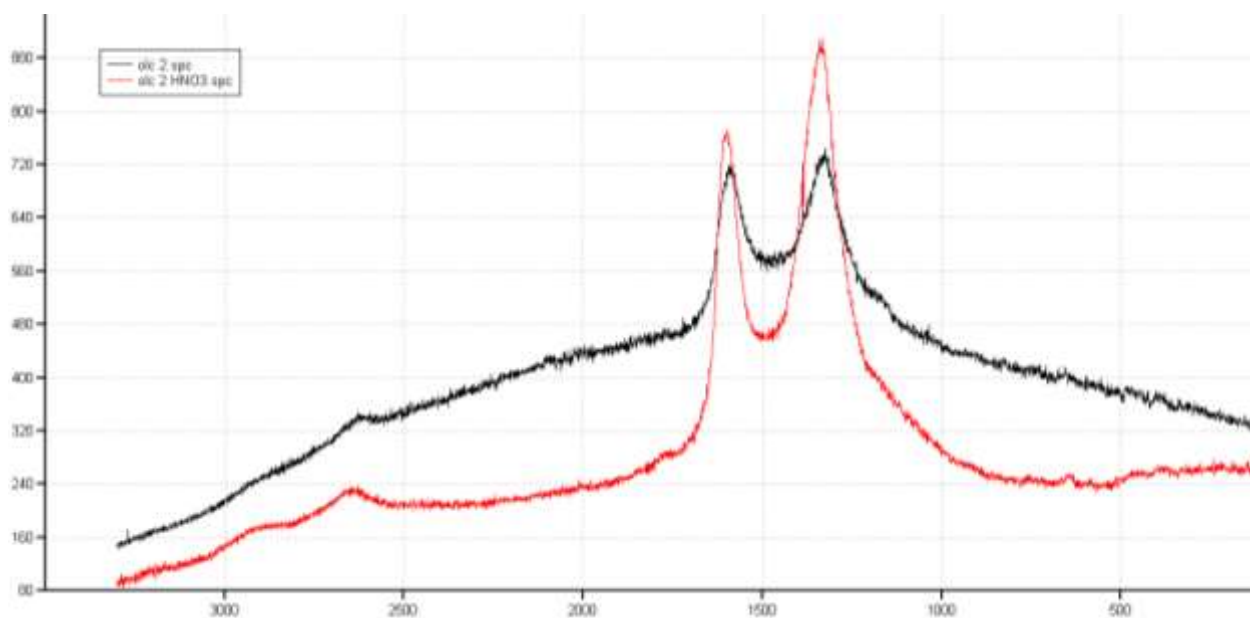
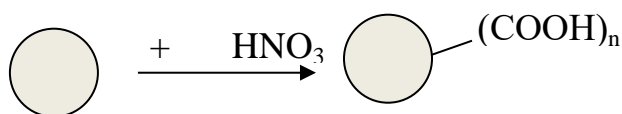


Рис. 1.10 – Спектри КР окисненого (*нижній графік*) і вихідного (до окиснення, *верхній графік*) зразків багатошарових фулеренів

Ми можемо спостерігати, що на раманівських спектрах зразку після окиснення інтенсивність лінії розупорядкування D (disorder)-лінії стає більшою ніж інтенсивність G-лінії (полоси коливань атомів в графенових шарах) в діапазоні 1500–1600 см⁻¹. Це показує, що за рахунок деформації скручування та зменшення розмірів сфероїдальних кластерів внаслідок

обробки їх азотною кислотою виникає більш напружений стан С–С зв’язків в графенових площинах .

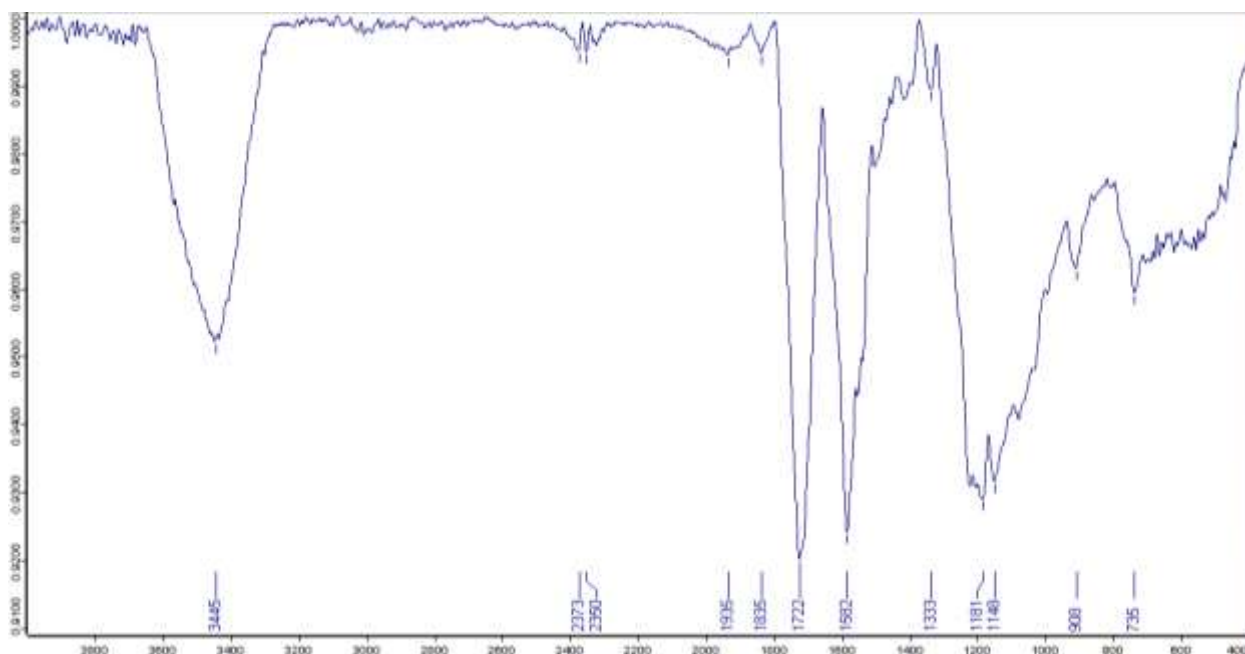
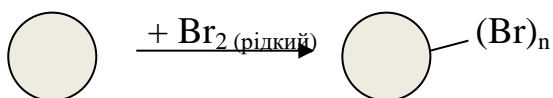


Рис. 1.11 – ІЧ-спектр окисненого зразка багатошарових фулеренів

Бромовання багатошарових фулеренів проводиться при кімнатній температурі (25 °С) в рідкому бромі. Для проведення реакції потрібно взяти 100 мг вихідних багатошарових фулеренів додати до них 2-3 мл броду та витримати в реакторі протягом 1000 годин. Після чого надлишок броду необхідно відвакуувувати.



Результатом елементного аналізу методом рентгенівської спектроскопії на поверхні зразку по закінченню бромовання було виявлення наступних елементів : С – 83,7 %, О – 10,3 %, Br – 5,0 %, Fe – 0,4 %, домішки– 0,6 %.

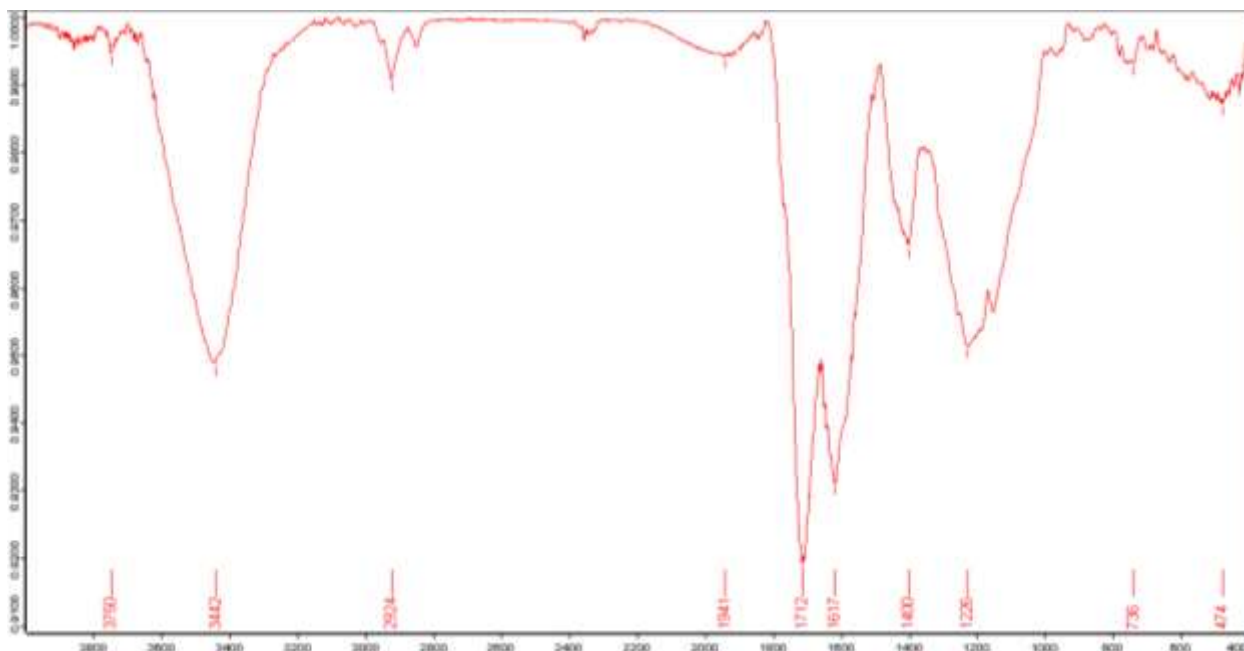


Рис. 1.12 – ІЧ-спектри бромованого зразку багатошарових фулеренів

В ІЧ-спектрах бромованих зразків (рис. 1.12) спостерігається поява смуги коливань при 2920 см^{-1} , вона обумовлена валентними коливаннями зв'язку С–Br. В спектрах вихідних багатошарових фулеренів ця смуга не просліджувалась (рис. 1.6).

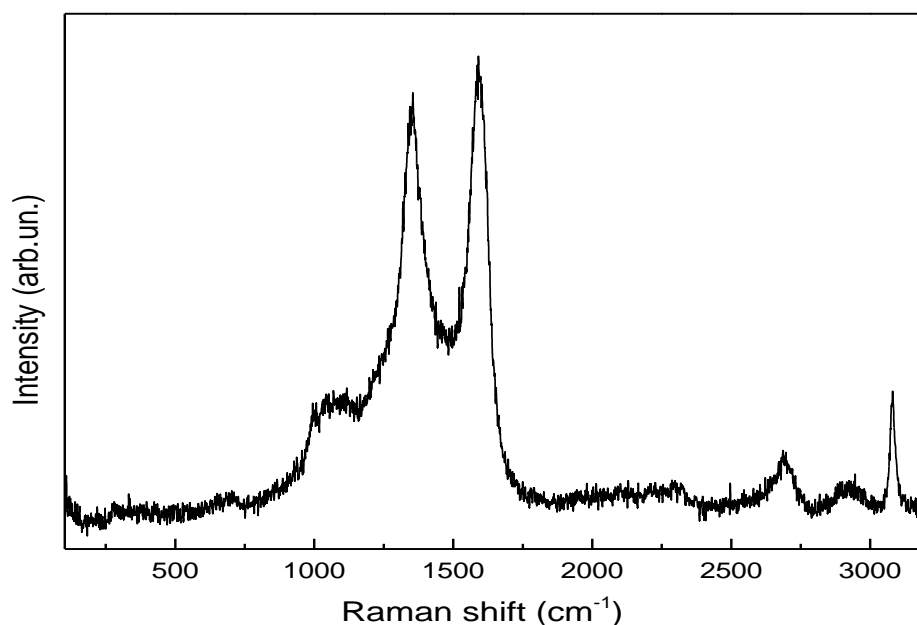


Рис. 1.13 – Спектр КР бромованого зразку багатошарових фулеренів

Спостерігається зміна раманівського спектру бромованих зразків (рис. 1.13) в порівнянні з відповідним спектром вихідних багатошарових

фулеренів (рис. 1.10). Однак в цьому випадку можна спостерігати підвищення інтенсивності смуги коливань атомів в упорядкованих графенових шарах G при 1590 см^{-1} , та вона стає більшою, ніж смуга D (смуга розупорядкування) при 1320 см^{-1} . На основі цих показників ми можемо зробити висновок, що після модифікації бромом збільшується кількість недеформованих графенових шарів в загальній масі вуглецевого матеріалу, відповідно – зменшується кількість неупорядкованих викривлених графенових шарів.

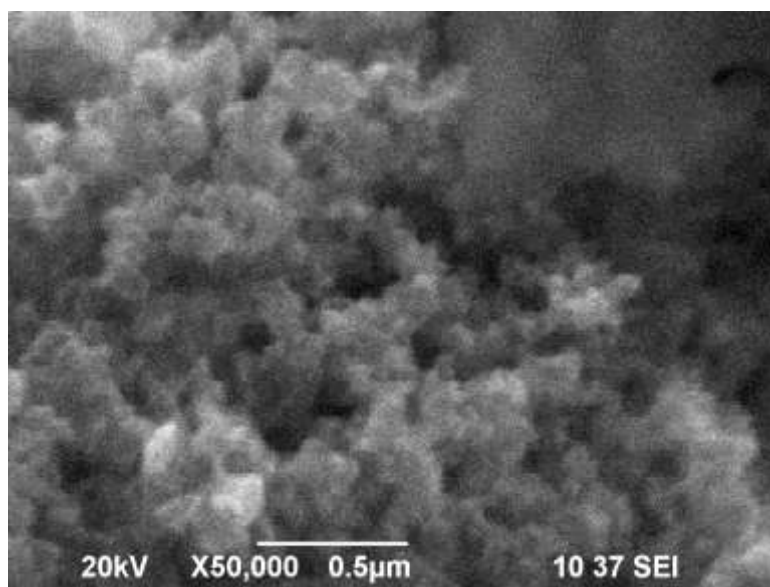
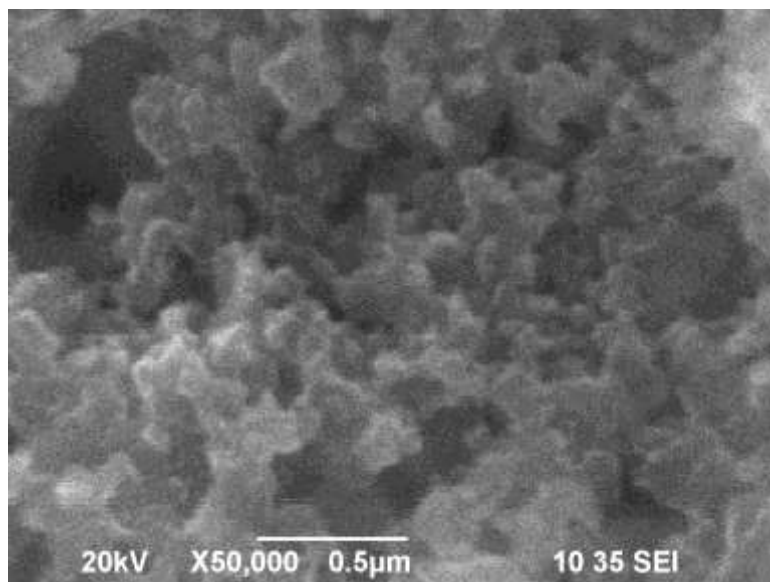


Рис. 1.14 – СЕМ-зображення бромованих багатошарових фулеренів

За допомогою результатів скануючої СЕМ- та трансмісійної (на просвічування) ТЕМ-мікроскопії можемо зробити висновок, що синтезовані карбонові наночастинки мають сферичну форму, розмір окремих багатошарових фулеренів складає 5...40 нм, вони ж в свою чергу зібрані в агломерати більших розмірів. Також бачимо, що бромовання суттєво не змінює розміри і структуру наночастинок (рис. 1.15).

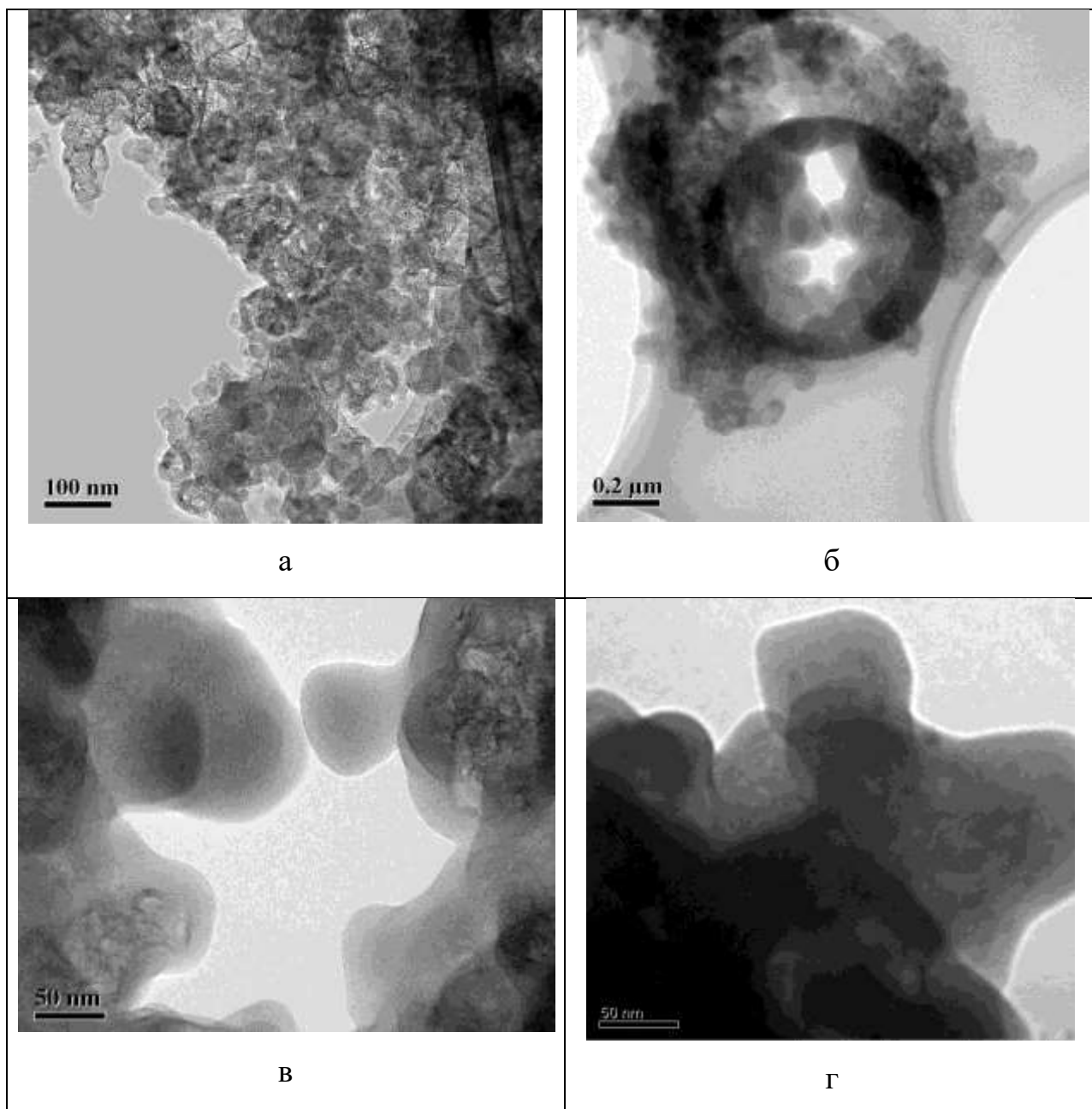


Рис. 1.15 – ТЕМ-зображення зразків вихідних багатошарових фулеренів (а, б і в) та бромованих CNOs-Br (г)

1.7. Вплив вуглецевих наноматеріалів на фізико-хімічні властивості вуглеводневих систем

Робота присвячена вивченню впливу вуглецевих наноматеріалів на фізико-хімічні властивості палива. Під час вивчення вуглецевих наноматеріалів було помічено, що вони дивно горять, це стало причиною вважати, що вони мають унікальні властивості. Саме тому актуальність дослідження властивостей вуглецевих наноматеріалів пов'язана з унікальними властивостями цих структур, а саме з особливими оптичними проявами, їх люмінесценцію у видимій області спектра, аномальному поглинанні, хімічній пасивності, не агресивності до біологічних систем.[13]

В нашій роботі метою було розглянути як введення в палив багат шарових фулеренів впливає на зміну його діелектричної проникності. Розглянути цей вплив можемо на основі досліджень, які показують як саме малі концентрації фулерену C_{60} впливають на діелектричну проникність палив.

В даних дослідженнях [14] вперше були знайдені немонотонні зміни густини розчинів фулерену C_{60} в толуолі при досить малих концентраціях фулерену ($10^{-4} - 10^{-2} \%$): густина спочатку падала, та досягала мінімуму, після чого різко зростала, перевищуючи густина чистого розчинника. Аналогічні зміни густини пізніше помітили в розчинах C_{60} та C_{70} в бензолі, толуолі і п-ксілолі [15 – 18]. Було зроблено припущення загального характеру про утворення ліофобних оболонок пониженої густини розчинника навколо молекул фулеренів [14,15], однак не про їх структуру, не про причини їх появи нічого не було відомо. Всі указані немонотонні зміни густини проходили в межах змін 2–3 %. Початкове падіння густини розчинів нещодавно було підтверджене в роботі [19], де методом бриллюєнівського розсіювання світла спостерігалось збільшення стисливості розчинів фулеренів. Різкість переходу від падіння густини до її збільшення

наштовхувала на думку про фазовий перехід, індикуючим в розчині фулереном. Думка про фазовий перехід підтвердилась виділенням тепла при розчиненні фулеренів [20], методом адиабатичної колориметрії.

Немонотонні зміни густини мають супроводжуватися немонотонністю концентраційних змін різних фізичних властивостей розчинів (транспортних, термічних [21], механічних, оптичних та інші). Дослідження були проведені електрофізичним методом, досліджувалися частотні залежності діелектричної проникності розчинів фулеренів C_{60} в п-ксілолі при варіації концентрації фулерену. Фуллерен C_{60} с чистотою 99.7 %, синтезований методом Хуффмана–Кречмера [22], використовували для отримання розчинів C_{60} в п-ксілолі марки „х.ч.“ (хімічно чистий) після його однократної перегонки. п-Ксілол був обраний як розчинник не випадково. По-перше, молекули п-ксілолу, як і безолу, є високосиметричними і мають нульовий дипольний момент під час відсутності електронного поля. В присутності електронного поля для них і їм подібним речовин характерні поляризація електронного зсуву, яка описується рівнянням Клаузиуса–Моссотті, і виникнення наведеного дипольного моменту. Тобто діелектрична залежність не залежить від частоти поля (аж до оптичних частот [23]) і визначається молекулярною полярністю і густиною речовини. По-друге, оскільки густина розчинів фулерену C_{60} немонотонно змінюється зі зростанням концентрації фулерену, очікувано, що аналогічна немонотонність буде спостерігатися і з діелектричною проникливістю. По-третє, п-ксілол має більш високу розчинну здатність ніж бензол і толуол [24], його структура піддається більш видимим змінам під дією фулеренів, а самі фулерени менш схильні до створення агрегатів в п-ксілолі, ніж, наприклад, в толуолі [15,25]. Дослідження проводилося в діапазоні частот від 1 Hz до 100 kHz відповідно з [26,27] на установках Tesla Impedance Meter BM-507 та Tesla Impedance and Transfer Meter BM-538.

Температура вимірювань була кімнатною. Величину діелектричної ϵ визначали по формулі:

$$\epsilon = \frac{C1(f) - C2(f)}{C0}, \quad (1.1)$$

де $C1(f)$ — вміст комірки з речовиною при f ; $C2(f)$ — паразитний вміст комірки (вміст пустої комірки) при частоті f ; $C0 = 0.08854S/h = 1.204$ pF — константа, де $S = 0.79 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$ — площа електрода, $h = 7.2 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ — відстань між електродами. Об'єм комірки $V = 10^{-6} \text{ m}^3$ (1 ml), об'єм середовища між електродами $V = Sh = 5.688 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3$. Модуль вектора поляризації P , т. е. дипольного моменту одиниці об'єму діелектрика, визначали по формулі:

$$P = \epsilon_0(\epsilon - 1)E \text{ (C/m}^2\text{)}, \quad (1.2)$$

де $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ (F/m)}$ — постійна, E — напруженість електричного поля між електродами. Для різниці концентрацій розчинів знімали частотні залежності ϵ . На одній частоті проводили $N = 10-30$ вимірювань ϵ . На рис. 1.16 показані частотні залежності діелектричної постійної для розчинів C_{60} в n -ксілолі. При введенні в розчинник фулерену величина ϵ змінюється немонотонно: як і густина, вона спочатку падає, а потім зростає. Як і у випадку густини, зміна діелектричної проникності проходить в межах декількох відсотків. Однак концентрація, при якій проходить інверсія ходу густини, складає $C \sim 10^{-2} \%$, в той час як інверсія ходу діелектричної проникності проходить при значно менших концентраціях — близько $5 \cdot 10^{-4} \%$. Можливо це пов'язано з дуже високою полярністю електронного зсуву молекул самих фулеренів [28], атакож з утворенням асоціатів молекул розчинника навколо молекул фулеренів [29], що має призвести до збільшення діелектричної проникності розчинів.

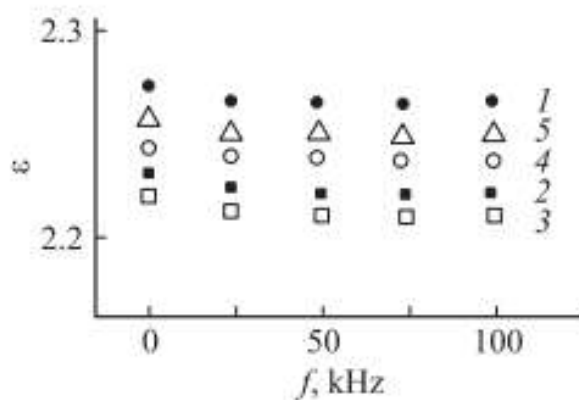


Рис. 1.16. Залежність діелектричної проникності від частоти електричного поля для розчинів фулерену C_{60} в *n*-ксілолі.

Методом ширококутової рентгенографії показано [30], що в одноядерних ароматичних розчинниках існує якнайменше два типи аморфної структури. Одна з них з підвищеною густиною, а інша менш густа, з двійним періодом. Типи структур на прикладі бензолу схематично зображені на рис. 1.17. При введенні в розчинник фулерену його шестичленні цикли, по механізму породжують формування стовбчастих структур, які створюють з фулереном достатньо міцні асоціати: по даним попередніх досліджень, отриманих методом криоскопії, число молекул *n*-ксілолу в момент близький до його температури плавлення (13.3°C) досягає в асоціаті ~ 240 . Крім того, по невідомій поки причині, на стадіях спаду густини розчинів введення фулеренів ініціює перехід структури і більш рихлу; при цьому створюється додатковий вільний об'єм (рис. 1.18). Таким чином, введення фулерену в розчинник, з одного боку, збільшує наведений дипольний момент середовища, в цілому за рахунок великої полярності молекул самого фулерену; а з іншого боку утворення стовбчастих структур буде зменшувати дипольний момент через необхідність деформувати або руйнувати стовбці в електричному полі. Таким чином, наявність стовбчастих структур і великої кількості вільного об'єму може сильно зменшити значення концентрації

фулерену, при якому проходить інверсія концентраційного ходу діелектричної поникності.

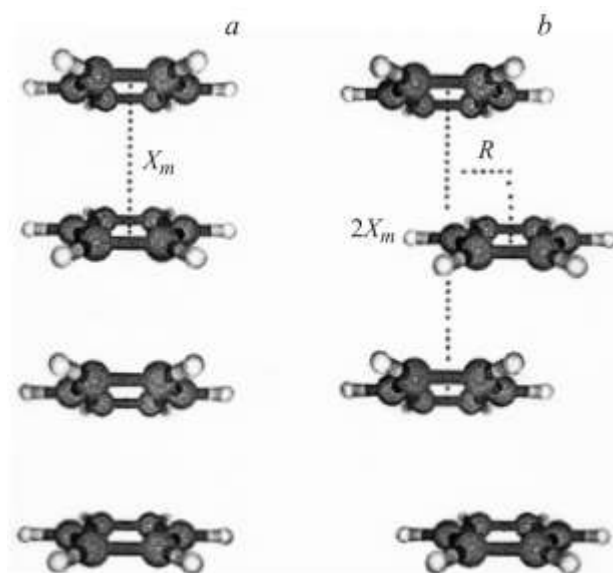


Рис. 1.17. Типи стовбчастих структур бензолу: а — „сендвічна“; б — з періодичним зміщенням бензольного кільця в своїй поверхності на величину радіуса кільця R . X_m — період ідентичності стовбчастої структури уздовж осі стовбця (на рисунку — уздовж вертикалі).

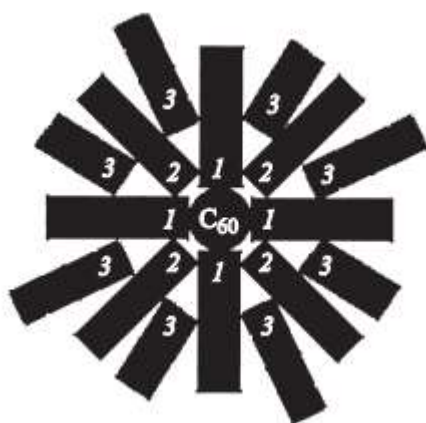


Рис. 1.18. Схематичне плоске зображення трьох генерації стовбчастих структур молекул розчинника навколо молекули фулерену C_{60} .

1.8. Висновки до розділу

Відкриття фулеренів стало великим проривом в області хімії. До цього часу в літературі не має загальноприйнятої назви цих матеріалів. Механізм їх утворення складний і до цього моменту мало вивчений. Інформації по очищенню та модифікації багаточарових фулеренів на сьогоднішній день існує дуже мало. Але факт, що багаточарові фулерени мають унікальні властивості на відміну від масивних зразків вуглецю з різною алотропією, вказує на необхідність їх дослідження.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Об'єкти дослідження

2.1.1. Багатошарові фулерени

Нанорозмірні сфероїдальні вуглецеві кластери виготовлювали шляхом високочастотного розрядного імпульсного синтезу на залізних електродах з використанням легких вуглеводневих сполук (фракція пропанбутану) в якості вихідних матеріалів.

Хімічна модифікація проводилась шляхом бромовання поверхні утворених вуглецевих нанокластерів в надлишку рідкого броду при кімнатній температурі (20 ° С). Потім залишковий бром видаляли у вакуумі при 20°C. Наночастинки сфероїдальних вуглецевих кластерів виділяли екстракцією абсолютним етанолом. Вміст броду в синтезованому продукті становив 60 мас.%. за результатами хімічного аналізу.

2.1.2. Компоненти моторних палив

Гексан являє собою безбарвну рідку речовину. Він є рухомим та легкозаймистим. Добре розчиняється в органічних розчинниках, зокрема в метиловому та етиловому спиртах, метилхлориді, етоксигтані. При цьому слабо розчиняється в ДМСО та фтористоводневій кислоті. Не розчиняється у воді, так, як має неполярні молекули. Пари гексану мають потужний наркотичний вплив. Молярна маса – 86,17848 г/моль, густина – 0,6548 г/см³. Термовластивості: t плавлення – -95 ° С, t кипіння – 68 °С, t самозаймання – 240 °С. Формула: C₆H₁₄.

Ізооктан – це ізомер октану. Представляє з себе прозору рідку речовину, що не має кольору. Має характерний бензиновий запах. Основними властивостями є: значна теплопровідна здатність, легке займання, значна теплопровідна здатність, змішування з вуглеводнями в

різних концентраціях. Є нерозчинним у воді, гліцерині та гліколі. Однак частково розчинний в бензені та спиртах. Молярна маса – 114,23 г/моль, густина – 0,688 г/см³. Термовластивості: t плавлення – -107,38 °C, t кипіння – 99,3 °C, t спалаху – 4,5 °C. Формула: C₈H₁₈.

Гептан являє собою органічну сполуку, яка має дев'ять структурних ізомерів, з них найпопулярнішою є лінійна. Має значно меншу летючість в порівнянні з іншими парафіновими розчинниками. Безбарвна рідина, яка має запах схожий на бензиновий. Змішується з тетрахлоридом вуглецю, етанолом, ацетоном, легкою нафтою та хлороформом. Майже нерозчиняється у воді. Молярна маса – 100,205 г / моль, густина – 0,6795 г / см³. Термовластивості: t плавлення – -90,549 °C, t кипіння – 98,38 °C, t спалаху – -4 °C. Формула: C₇H₁₆.

Декан, за нормальних умов, безбарвна рідина з бензиновим запахом. Є легкозаймистим. Нерозчинний в воді, проте добре розчинний в неполярних розчинниках. Молярна маса – 142,29 г / моль, густина – 0,73 г / см³. Термовластивості: t плавлення – -27,9 °C, t кипіння – 174,1 °C. Формула: C₁₀H₂₂.

2.2. Методи дослідження

2.2.1. Приготування розчинів

Для проведення експерименту було взято 4 різних розчинника: гексан, ізооктан, гептан та декан та зроблено по 4 розчини їх з CNO_s з різною концентрацією.

Перед початком роботи необхідно було підготувати розчин наночастинок, який в ході експерименту буде додаватися до палива. Для цього ми взяли розчин наночастинок в спирті та відфільтрували його. Фільтрувальний папір з отриманим осадом у вигляді наночастинок висушили просто залишивши його за кімнатної температури. Після цього приготували їх розчин у спирті з

необхідною для нас концентрацією (0,4125 г/л). Його ми готували додавши наважку наночастини (3 г) в абсолютно етиловий спирт (300 мл) і вимішували за допомогою магнітної мішалки 5 годин. Після чого розчин відстоювався 2 дні, але виявився сильно дисперсний і простим відстоюванням відділити осад від розчину не вдалося. Для цього ми застосували метод центрифугування. В 6 пробірок вносилося по 2/3 загального об'єму пробірки і поміщались в центрифугу на 15 хв. Відділивши верхній шар спирту від осаду отримали необхідний розчин, який було відфільтровано через паперовий фільтр, і в ході роботи додано до проб палива (рис. 2.1.). Концентрацію спиртового розчину наночастинок визначали за допомогою вагового методу.



Рис 2.1. Розчин багатошарових фулеренів в абсолютному етанолі.

2.2.2. Визначення діелектричної проникненості компонентів моторних палив

В даній роботі нас цікавив вплив розчину наночастинок на діелектричну проникність палив, оскільки вона є важливим показником при вивченні фізико-хімічних властивостей палив.

Діелектрична проникність характеризує іонізуючу властивість середовища. Чисельно вона дорівнює відношенню сили точкової взаємодії електричних зарядів у вакуумі до сили взаємодії в однорідному діелектрику. Електричні сили, які взаємодіють між двома точковими зарядами, залежать не лише від величини зарядів і відстані, але і від природи середовища, що їх розділяє. Це показав Фарадей:

$$F = \frac{q_1 q_2}{d^2 e}, \quad (2.1.)$$

де, q_1 і q_2 – величини зарядів, d – відстань, e – константа, яка характеризує електропровідність даного середовища.

Іонізуюча проникність зростає зі збільшенням діелектричної проникливості. Діелектрична проникливість залежить від полярності молекул, атомів, іонів, температури і частоти зміни поля. Для рідин її значення набагато більше ніж для газів та парів, а також сильно різняться в залежності від їх хімічної будови.

Серед рідин вуглеводні мають найменшу діелектричну проникність. Вона не однакова для вуглеводнів різної структури. Більше значення діелектричної проникності мають ароматичні вуглеводні. А для нафтопродуктів вона збільшується зі збільшенням густини молекулярної маси вуглеводнів і при переході від насичених до ненасичених речовин.

Зі збільшенням температури діелектрична проникність для рідин, газів і парів зменшується, для твердих тіл же збільшується.

Значення діелектричної проникності широко застосовується в методах визначення вологості нафтопродуктів. В основу таких методів покладена велика різниця між її значенням для води (близько 80) і вуглеводнів (близько 2).

Всі відомі методи вимірювання діелектричної проникності можна поділити на три групи: резонансні, хвильоводні, методи, що використовують хвилі у вільному просторі.

Резонансні методи в свою чергу поділяються на: метод биття, метод розкладу контурів, метод куметра, метод виміру в об'ємному детонаторі.

Хвильові методи: метод короткого замикання, метод варіації товщини шару рідини, балансові методи.

В даній роботі для визначення діелектричної проникності було обрано метод, який базується на залежності її від показника заломлення. Цю залежність можна описати формулою, яка отримана з рівнянь Максвелла і пов'язує між собою швидкість світла в середовищі з його діелектричною і магнітною проникністю(2.2.):

$$u = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}} \quad (2.2.)$$

Показник заломлення визначається характеристиками середовища(2.3.):

$$n = \frac{c}{u} = \sqrt{\epsilon\mu} \quad (2.3.)$$

Оскільки ϵ для немагнітних рідин дорівнює одиниці, то формула спрощується до вигляду(2.4.):

$$n = \sqrt{\mu} \quad (2.4.)$$

Тобто, розрахунок діелектричної проникності проводимо за формулою(2.5.):

$$\mu = n^2 \quad (2.5.)$$

Для проведення розрахунків за цією формулою необхідно знайти значення показника заломлення, його визначають за допомогою рефрактометра. Методика роботи на ньому наведена нижче.[31]

Для роботи використовували рефрактометр типу ІРФ – 22 (рис. 2.2.), показник заломлення рідин на ньому вимірюється наступним чином.

Поверхню вимірювальної призми промивають дистильованою водою, та витирають ватою або фільтрувальним папером насухо. Після чого перевіряється точність приладу за допомогою вимірювання показника заломлення для дистильованої води, його значення має бути 1,333, якщо під час перевірки було отримано правильне значення, то прилад справний і можна починати дослідження.



Рис. 2.2. - Рефрактометр ІРФ – 22

Перед початком роботи відкидають верхню частину вимірювальної головки і скляною паличкою наносять декілька крапель вимірювальної рідини і обережно закривають головку. Через спеціальний отвір спостерігають, щоб рідина заповнила проміжок між вимірювальною та освітлювальною призмою.

Освітлювальне дзеркало встановлюють в таку позицію, щоб світло від джерела через вікно поступало до освітлювальної призми і рівномірно освітлювало поле бачення. Після знаходження оптимальної позиції для освітлювального дзеркала його закріплюють в цій позиції гвинтом.

Всі виміри на приборі проводяться в білому світлі.

Обертаючи маховичок і спостерігаючи за змінами через окуляр зорової труби знаходять межу поділу світла та тіні. За допомогою іншого маховичка встановлюється чітка забарвленість межі поділу. Використовуючи маховичок, яким було знайдено межу поділу її встановлюють точно на перехресті сітки і знімають показник заломлення зі шкали, яка знаходиться ліворуч від сітки.

Цілі, десяті, соті та тисячні визначаються по шкалі, десятитисячні долі оцінюються на око.

Шкала приведена для температури 20°C , тому при роботі з рідинами необхідно дотримуватися температури $20\pm 0,2^{\circ}\text{C}$.

Після проведення вимірювань поверхню вимірювальної та освітлювальної лінзи обов'язково промивають дистильованою водою, та висушують.

Отримані результати підставляємо в формулу 2.5. та отримуємо значення діелектричної проникності.

2.3.Висновки до розділу

В розділі розглянуті основні властивості об'єктів дослідження: багаточарових фулеренів і компонентів моторних палив. Викладено порядок

приготування розчинів багатошарових фулеренів у вуглеводнях і етанолі.
Розглянуті основи і методика проведення експерименту визначення
діелектричних властивостей вуглеводневих систем.

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОНЕНТІВ ПАЛИВ ЧЕРЕЗ ЇХ ЗВ'ЯЗОК З ПОКАЗНИКОМ ЗАЛОМЛЕННЯ

Метою дослідження було показати як саме додавання певного об'єму наночастинок вуглецю в компонент палива впливає на його діелектричні властивості побудувавши графіки залежності.

Для проведення експерименту було зроблено ряд розчинів з різними концентраціями. Для першого ряду до 25 мл досліджуваної речовини було додано 0,25 мл розчину наночастинок, тобто концентрація для нього складала на 1 мл – 0,01 мл. Концентрація для другого ряду розчинів на 1 мл – 0,005 мл, для третього на 1 мл – 0,0025 мл і для четвертого на 1 мл – 0,00125 мл. (рис. 3.2.)



Рис. 3.2. Проби палива з різною концентрацією наночастинок

Також був зроблений ряд розчинів з етанолом для порівняння. Його було зроблено додаванням у 25 мл досліджуваної речовини 0,25 мл етанолу. Цей ряд містив по одній пробі з кожним видом палива, яке було взято для експерименту.

Оскільки для визначення діелектричної проникності було обрано метод, який базується на взаємодії її з показником заломлення, то в першу чергу необхідно було визначити показники заломлення всіх проб палива, які були використані під час проведення дослідів. (табл. 3.1., табл. 3.2., табл. 3.3., табл. 4.4.)

Таблиця 3.1.

Значення показників заломлення для ряду розчинів гексану

Речовина	Концентрація на 1 мл - 0,00125 мл	Концентрація на 1 мл - 0,0025 мл	Концентрація на 1 мл - 0,005 мл	Концентрація на 1 мл - 0,01 мл
C_6H_{14}	1,378	1,378	1,378	1,378
C_6H_{14} з добавкою етанолу	-	-	-	1,379
C_6H_{14} з добавкою CNO_s	1,379	1,3789	1,377	1,379

Таблиця 3.2.

Значення показників заломлення для ряду розчинів ізооктану

Речовина	Концентрація на 1 мл - 0,00125 мл	Концентрація на 1 мл - 0,0025 мл	Концентрація на 1 мл - 0,005 мл	Концентрація на 1 мл - 0,01 мл
C_8H_{18}	1,389	1,389	1,389	1,389

C_8H_{18} добавкою етанолу	3	-	-	-	1,3885
C_8H_{18} добавкою CNO_s	3	1,39	1,388	1,388	1,388

Таблиця 3.3.

Значення показників заломлення для ряду розчинів гептану

Речовина		Концентрація на 1 мл - 0,00125 мл	Концентрація на 1 мл - 0,0025 мл	Концентрація на 1 мл - 0,005 мл	Концентрація на 1 мл - 0,01 мл
C_7H_{16}		1,397	1,397	1,397	1,397
C_7H_{16} добавкою	3	-	-	-	1,396
C_7H_{16} добавкою CNO_s	3	1,398	1,3975	1,398	1,397

Таблиця 3.4.

Значення показників заломлення для ряду розчинів декану

Речовина		Концентрація на 1 мл - 0,00125 мл	Концентрація на 1 мл - 0,0025 мл	Концентрація на 1 мл - 0,005 мл	Концентрація на 1 мл - 0,01 мл
$C_{10}H_{22}$		1,4075	1,4075	1,4075	1,4075
$C_{10}H_{22}$ добавкою етанолу	3	-	-	-	1,408
$C_{10}H_{22}$ добавкою CNO_s		1,41	1,411	1,41	1,4085

Після визначення значень показників заломлення по формулі 2.7.
проводимо розрахунок діелектричної проникності зразків. (табл. 3.5., табл.
3.6., табл. 3.7., табл. 3.8.)

Таблиця 3.5.

Значення діелектричної проникності для ряду розчинів гексану

Речовина	Концентрація на 1 мл - 0,00125 мл	Концентрація на 1 мл - 0,0025 мл	Концентрація на 1 мл - 0,005 мл	Концентрація на 1 мл - 0,01 мл
C_6H_{14}	1,898	1,898	1,898	1,898
C_6H_{14} з добавкою етанолу	-	-	-	1,901
C_6H_{14} з добавкою CNO_s	1,901	1,901	1,896	1,901

Таблиця 3.6.

Значення діелектричної проникності для ряду розчинів ізооктану

Речовина	Концентрація на 1 мл - 0,00125 мл	Концентрація на 1 мл - 0,0025 мл	Концентрація на 1 мл - 0,005 мл	Концентрація на 1 мл - 0,01 мл
C_8H_{18}	1,929	1,929	1,929	1,929
C_8H_{18} з добавкою етанолу	-	-	-	1,928
C_8H_{18} з добавкою CNO_s	1,932	1,926	1,926	1,926

Таблиця 3.7.

Значення діелектричної проникності для ряду розчинів гептану

Речовина	Концентрація на 1 мл - 0,00125 мл	Концентрація на 1 мл - 0,0025 мл	Концентрація на 1 мл - 0,005 мл	Концентрація на 1 мл - 0,01 мл
C_7H_{16}	1,952	1,952	1,952	1,952

C_7H_{16} добавкою	3	-	-	-	1,945
C_7H_{16} добавкою CNO_s	3	1,954	1,953	1,954	1,952

Таблиця 3.8.

Значення діелектричної проникності для ряду розчинів декану

Речовина		Концентрація на 1 мл - 0,00125 мл	Концентрація на 1 мл - 0,0025 мл	Концентрація на 1 мл - 0,005 мл	Концентрація на 1 мл - 0,01 мл
$C_{10}H_{22}$		1,981	1,981	1,981	1,981
$C_{10}H_{22}$ добавкою етанолу	3	-	-	-	1,982
$C_{10}H_{22}3$ добавкою CNO_s		1,988	1,990	1,988	1,984

На основі отриманих даних будемо графіки залежності діелектричної проникності проб від концентрації розчину багатопарових фулеренів в їх вмісті (рис.3.3., рис.3.4., рис.3.5.,рис.3.6.)

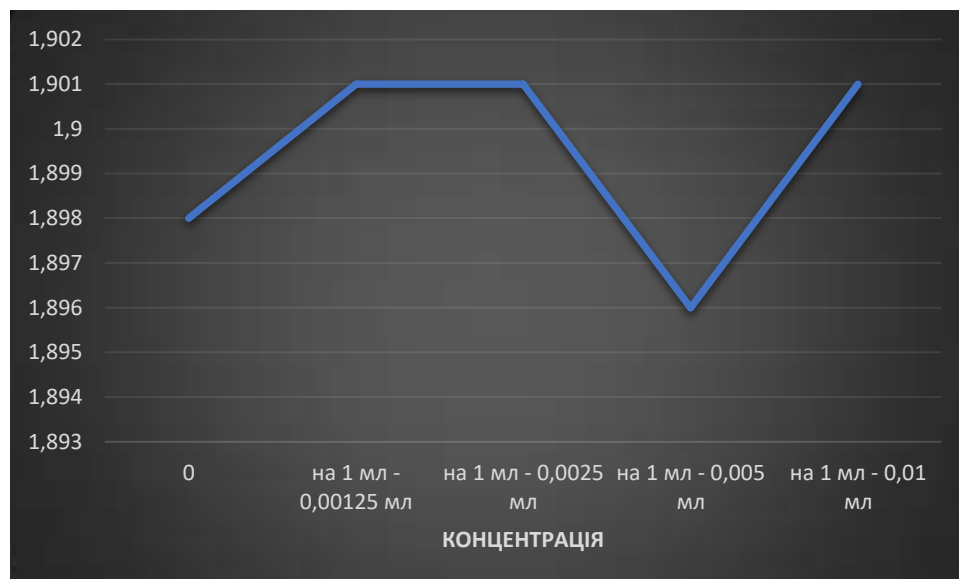


Рис. 3.3. Графік залежності діелектричної проникності від зміни концентрації розчину багатошарових фулеренів для ряду розчинів гексану.

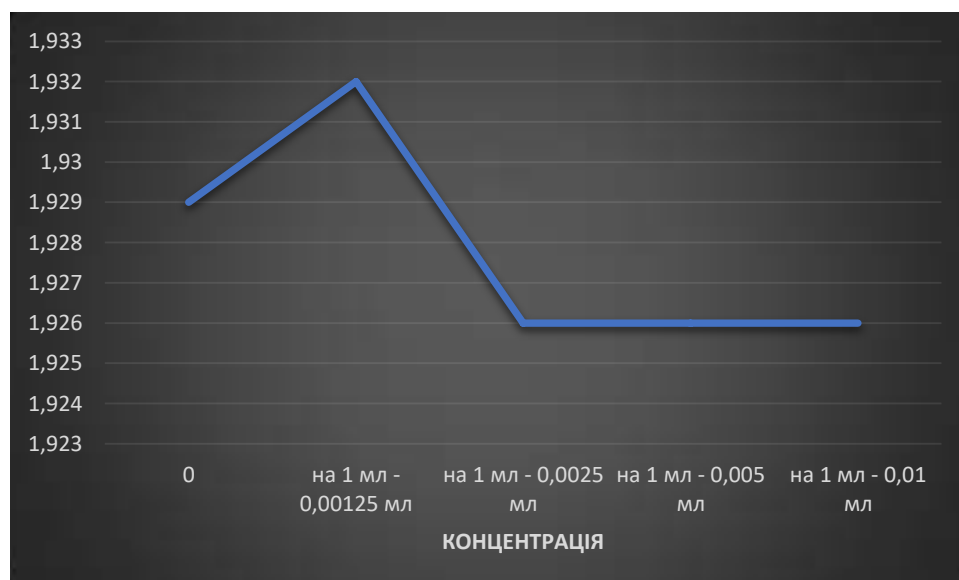


Рис. 3.4. Графік залежності діелектричної проникності від зміни концентрації розчину багатошарових фулеренів для ряду розчинів ізооктану.

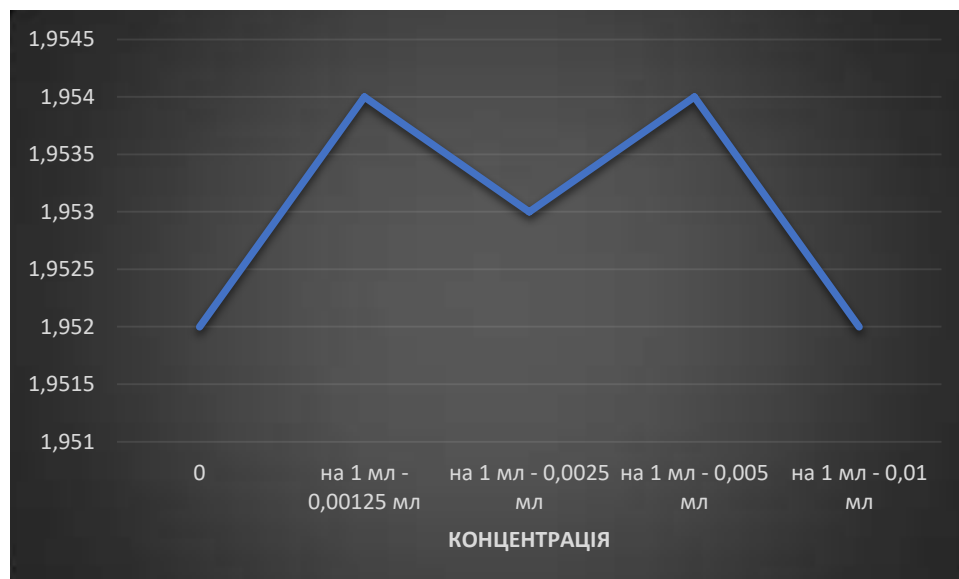


Рис. 3.5. Графік залежності діелектричної проникності від зміни концентрації розчину багат шарових фулеренів для ряду розчинів гептану.

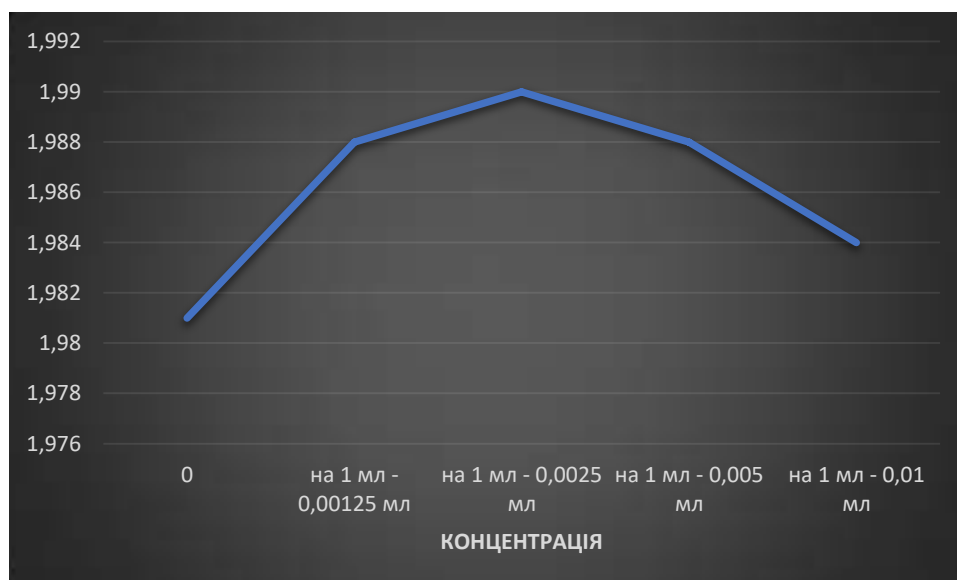


Рис. 3.6. Графік залежності діелектричної проникності від зміни концентрації розчину багат шарових фулеренів для ряду розчинів декану.

З графіків видно, що у випадку гексану діелектрична проникність змінюється немонотонно, спочатку зменшується, а потім збільшується до значення, яке вище за показник для чистої речовини.

У випадку ж з ізооктаном, гептаном та деканом вона також має немонотонну зміну, але при цьому зі зменшенням концентрації розчину багат шарових фулеренів в розчиннику починає зменшуватися.

3.2. Висновки до розділу

Провівши експеримент можемо зробити наступні висновки. Додавання розчину багат шарових фулеренів в паливо змінює їх діелектричну проникність. Для різних видів палива ця зміна відбувається по різному та залежить від фізико-хімічних властивостей самого розчинника. Так, на прикладі гексану, ми бачимо, що додавання наночастинок, може збільшити його діелектричну проникність. На прикладі ж інших розчинників, бачимо, що збільшення концентрації наночастинок в їх складі зменшує діелектричну проникність в порівнянні з її показником для чистої речовини.

ВИСНОВКИ

1. Розглянуто методи синтезу та очищення нового класу наноматеріалів – багатосферичних нанорозмірних карбонових кластерів (багатошарових фулеренів).
2. Розглянуто аномальні властивості багатошарових фулеренів.
3. Експериментально доведено, що додавання наночастинок в паливо має вплив на діелектричні властивості палив.
4. Графічно показано залежність зміни діелектричної проникності від концентрації в паливі наночастинок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Delgado J.L., Herranz M.A., Martí N. The nano-forms of carbon // J. Mater. Chem. – 2008. – N 18. – P. 1417–1426.
2. McDonough J.K., Gogotsi Yu. *Carbon Onions: Synthesis and Electrochemical Applications* // Interface. – 2013. – V. 2, N 3 – P. 61–67.
3. Wepasnick K.A., Smith B.A., Bitter J.L. at al. Chemical and structural characterization of carbon nanotube surfaces // Anal Bioanal. Chem. – 2010. – V. 396. – P. 1003–1014.
4. Елецкий А.В. Углеродные нанотрубки и их эмиссионные свойства // Успехи физ. наук. – 2002. – Т. 17, № 4. – С. 401–412.
5. Zhang Ch., Li J., Liu E. at al. Synthesis of hollow carbon nano-onions and their use for electrochemical hydrogen storage // *Carbon*. – 2012. – V. 50, N 10. – P. 3513–3521.
6. Parent M.E., Siemiatycki J., Fritschi L. Occupational exposures and gastric cancer // Epidemiology. – 1998. – V. 9, N 1. – P. 48–55.
7. Лихачев А.Я. Изучение загрязненности окружающей среды канцерогенными веществами и возможность прогнозирования индивидуальной чувствительности к ним // Вопросы онкологии. – 1997. – № 1. – С. 111–115.
8. Ugarte D. Curling and closure of graphitic networks under electron-beam irradiation // Nature . – 1992. – V. 359. – P. 707–709.
9. Wepasnick K.A, Smith B.A., Bitter J.L., Fairbrother D.H. Chemical and structural characterization of carbon nanotube surfaces // Anal. Bioanal. Chem. – 2010. – V. 396. – P. 1003–1014.
10. Guiotoku M., Rambo C.R., Hansel F.A. Microwave-assisted hydrothermal carbonization of lignocellulosic materials // *Materials Letters*. – 2009. – V. 63. – P. 2707–2709.

11. Rettenbacher A.S., Elliott B., Hudson J.S. et al. Preparation and functionalization of multilayer fullerenes (carbon nano-onions) // Chemistry. – 2005. – V. 12, N 2. – P. 376–387.
12. Букалов С.С., Михалицин Л.А., Зубавичус Я.В. и др. Исследование строения графитов и некоторых других sp^2 углеродных материалов методами микроспектроскопии КР и рентгеновской дифрактометрии // Рос. хим. журн. – 2006. – Т. L, № 1. – С. 83–91.
13. П.П. Максимьяк, К.Ю. Зенкова, В.М. Ткачук Вуглецеві наночастинки. Виготовлення, властивості, перспективи використання ст. 13
14. Мекалова Н.В. Фуллерены в растворах. Уфа: Уфимский гос. нефтяной технический университет, 2001. 107 с.
15. Ginzburg B.M., Tuichiev Sh. // J. Macromol. Sci. B. Physics. 2005. V. 44. N 4. P. 517–530.
16. Гинзбург Б.М., Туйчиев Ш., Табаров С.Х. // Письма в ЖТФ. 2007. Т. 33. В. 15. С. 22–26.
17. Гинзбург Б.М., Туйчиев Ш. // Журн. прикл. химии. 2008. Т. 81. № 4. С. 580–584.
18. Гинзбург Б.М., Туйчиев Ш., Табаров С.Х. // Журн. прикл. химии. 2008. Т. 81. № 6. С. 1027–1029.
19. Amer M.S., Bennet M., Maguire J.F. // Chem. Phys. Letter. 2008. V. 457. P. 329–331.
20. Herbst M.H., Dias G.H.M., Magalhaes J.G., Torres R.B., Volpe P.L.O. // J. Molec. Liquids. 2005. V. 118. N 1–3. P. 9–13.
21. Гинзбург Б.М., Уголков В.Л., Федорова Г.Н., Меленевская Е.Ю., Шибаев Л.А., Туйчиев Ш. // Журн. прикл. химии. 2006. Т. 79. № 7. С. 1212–1213.

22. Kratschmer W., Huffman D.R. " // Phil. Trans. Royal Soc. London. A. 1993. V. 1667. N 343. P. 33–38.
23. Сканава Г.И. Физика диэлектриков. М.; Л.: ГИТТЛ, 1949. 500 с.
24. Безмельницын В.Н., Елецкий А.В., Окунь М.В. // Успехи физич. наук. 1998. Т. 168. № 11. С. 1195–1220.
25. Гинзбург Б.М., Туйчиев Ш., Табаров С.Х., Шепелевский А.А. // Кристаллография. 2005. Т. 50. № 4. С. 597–600.
26. Карандеев К.Б. Мостовые методы измерений. Киев: Гостехиздат УССР, 1953. 247 с.
27. ГОСТ 22372-77. Материалы диэлектрические. Методы определения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь в диапазоне частот от 100 до $5 \cdot 10^6$ Гц. М.: Издательство стандартов, 1983.
28. Канарев Д.В., Любовская Р.Н. // Успехи химии. 1999. Т. 68. С. 23–42.
29. Гинзбург Б.М., Туйчиев Ш., Табаров С.Х. // Журн. прикл. химии. 2009. Т. 82 (в печати).
30. Гинзбург Б.М., Туйчиев Ш. // Кристаллография. 2007. Т. 52. № 1. С. 109–112.
31. Рефрактометр ИРФ – 22. Описание и руководство к пользованию. С. 10–12.